


19

ARCHITECTURE AT RICE



Digitized by the Internet Archive
in 2011 with funding from
LYRASIS Members and Sloan Foundation

<http://www.archive.org/details/predictingdaylig19leif>

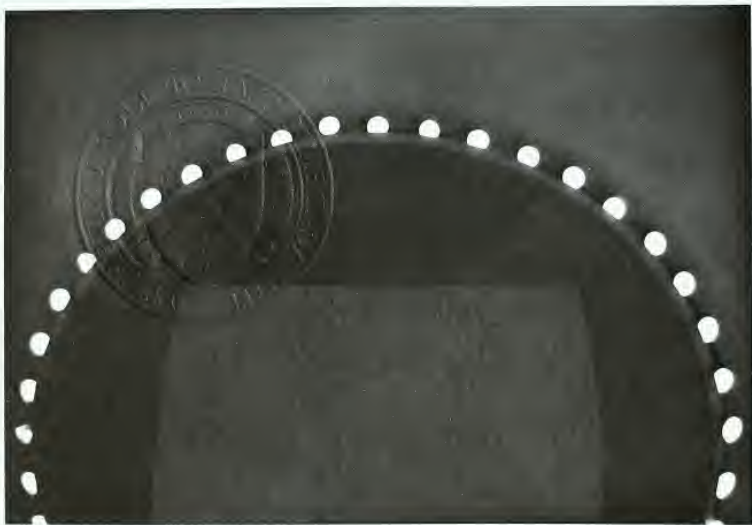
19

ARCHITECTURE AT RICE UNIVERSITY

A series of reports on thoughts and investigations from the School of Architecture of the University. It is published in the belief that architectural education is advanced as teachers, practitioners, students and laymen share what they are thinking and doing.

ARQUITECTURA EN LA UNIVERSIDAD DE RICE

Es una serie de informes sobre ideas e investigaciones nacidas y desarrolladas en la Escuela de Arquitectura de esta universidad. Esta serie se publica con la convicción de que los estudios arquitectónicos se enriquecerán cuando maestros, arquitectos profesionales, estudiantes y legos interesadas, compartan lo que piensan y lo que hacen.



PREDICTING DAYLIGHTING WITH MODELS

A report on the development of a testing apparatus for economical and expedient prediction of natural illumination.

PREDICCIÓN DE ILUMINACIÓN NATURAL POR MEDIO DE MODELOS

Informe del desarrollo de un aparato de ensayo para la predicción económica y expedita de iluminación natural.

A. A. LEIFESTE, JR., A.I.A. Assistant Professor of Architecture
Rice University Houston Texas

3

El proyecto está bajo los auspicios del Programa de Equipamiento Comunitario, patrocinado por la Fundación Ford, en colaboración con la Corporación de la Vivienda y el Ministerio de Obras Públicas.

This project was sponsored by the Ford Foundation, Chilean Community Facilities Program.



EQUIPO DE LA UNIVERSIDAD DE RICE

En la Universidad de Rice se ha instalado un equipo de pruebas para determinar el comportamiento de la iluminación natural por medio de modelos, como un servicio al Programa de Equipamiento Comunitario de Chile, patrocinado por la Fundación Ford.

En áreas del mundo, en que la luz natural es el sistema básico de iluminación y en que los sistemas artificiales son auxiliares o secundarios, es necesario contar con un método para poder comparar las condiciones de iluminación de diversas formas para un edificio y los esquemas de fenestración utilizados durante el diseño preliminar, ya que gracias a éste, se puede aumentar la utilización de la luz natural y a su vez sea uno de los determinantes principales de diseño.

Por otra parte, se obtienen rápidamente valores de factores adicionales, como sea, el efecto de la distribución de la luz con el uso de materiales de superficies interiores con índices de reflexión variables.

El grado de utilización de la información que los proyectistas puedan hacer del ensayo y comparación de los diferentes esquemas de edificios depende directamente de la comodidad y facilidad con las cuales estos ensayos pueden realizarse. Por esta razón, los procedimientos de ensayo están basados en el uso de modelos de escala reducida, modelos de fácil construcción y uso - y un cielo artificial para lograr un ambiente completamente controlado.



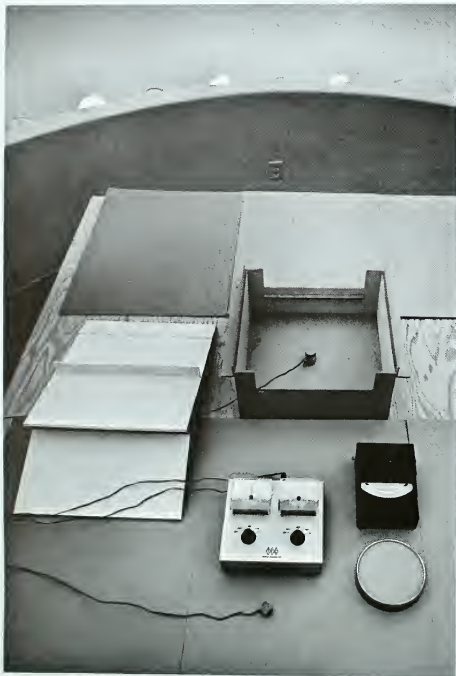
FACILITY AT RICE

The Rice University School of Architecture testing facility for predicting the lighting performance of buildings from models has been developed as a service to the Chilean Community Facilities Program sponsored by the Ford Foundation.

With a method for comparing the lighting performance of different building forms and fenestration schemes during preliminary design, the utilization of natural lighting can be increased and can become one of the major design determinants for buildings - an especially important item in parts of the world in which natural lighting is the basic lighting system and artificial systems are auxiliary or secondary. Supplementary information becomes readily available on the effects upon interior light distribution factors such as materials with different reflectance characteristics and changes in the size, design, and placement of openings.

The extent to which designers are likely to make use of the information available from the testing and comparison of different building schemes is directly dependent on the ease and facility with which such tests can be performed. For that reason, testing procedures are based upon the use of relatively small-scaled models which are easy to construct and use - and of an artificial sky for a completely controlled environment. Results can be obtained quickly and easily - economical in both time and effort.





BASIC PREMISES

Two of the chief means for predicting the lighting performance of buildings are mathematical and model testing:

The mathematical method uses empirically developed curves or tables to determine daylight intensity, distribution, interior inter-reflectances.

The model testing method uses an artificial sky as a control to simulate exterior conditions and careful model construction to simulate interior conditions.

Both methods require two basic assumptions:

Selection of standard exterior conditions

Selection of interior surface reflectances

The use of models has proved to be feasible, faster and more economical than the computational methods, and the accuracy of results is as high as that obtained by any other method.

An artificial sky (in this case a hemisphere, elliptical in vertical section) allows testing procedures independent of the limitations on time of testing and fluctuating lighting conditions found outdoors. The presence of one cloud in a clear sky or the variations of depth of cloud layers on an overcast day make outdoor testing results not comparable from one day to the next, or from one hour to the next.

Only in an artificial situation with uniformity of lighting conditions can it be possible to test building form and detail as independent variables.

1) Texas Engineering Experiment Station, College Station, Texas: various reports on the use of models in testing for lighting distribution. Other experiments by professors J. W. Griffith, Southern Methodist University, Dallas, Texas, and T. A. Markus, Welsh School of Architecture, Cathays Park, Cardiff, England attest to the value and feasibility of models in testing.

Lighting domes have been installed in several schools of architecture, particularly in England. A recent publication, "Progress in Daylighting Design," by Professor Markus, published by Pilkington Bros., Ltd., St. Helens, Lancashire, is a good review of the activity in this field of study.

Density of luminous flux upon a surface; amount of light incident upon a surface.

Illumination

Visible radiant energy; quantity of "flux" is measured in lumens.

Light

Unit of luminous flux; quantity of flux emitted through a unit solid angle (one steradian) from a "standard candle."

Lumen

Unit of illumination; illumination on a surface one square foot in area at a distance of one foot from a "standard candle" (on which is uniformly distributed a flux of one lumen); one lumen per square foot.

Footcandle

Unit of illumination (metric system); one lumen per square meter.

Lux

Unit of illumination (metric system); one lumen per square centimeter.

Phot

Reflectance of a surface; percentage of incident light reflected from a surface (light falling upon a surface which absorbs or transmits half of the light and reflects half has a reflection factor of 50 per cent).

Reflection Factor

Luminous intensity or luminance of a surface; an illumination source (may result from light produced by or reflected from a surface).

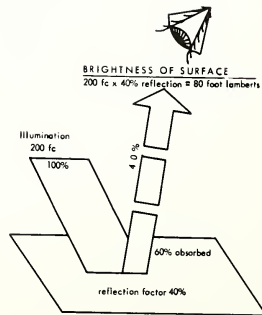
Brightness

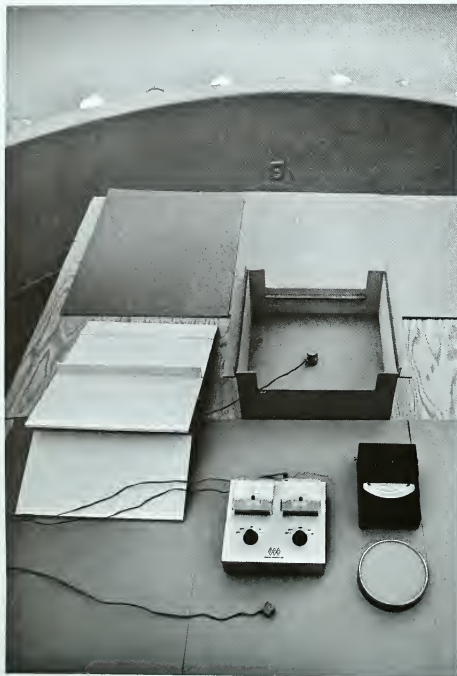
Unit of luminance or brightness being emitted from a source at the rate of one lumen per square foot. Brightness (in footlamberts) of a reflecting surface is equal to the intensity of the light incident upon it (in footcandles) multiplied by its reflection factor: $70 \text{ f.c.} \times 50\% \text{ r.f.} = \text{brightness of } 35 \text{ footlamberts.}$

Footlamberts

Unit of brightness of a surface emitting or reflecting light at the rate of one lumen per square centimeter.

Lamberts





PREMISAS BASICAS

Dos de los métodos principales de predecir el comportamiento de la iluminación en edificios son: el matemático y el uso de modelos de ensayo:

El método matemático emplea curvas desarrolladas empíricamente, o cuadros para determinar la intensidad de la luz natural, distribución e inter-reflecciones interiores.

El método de modelos usa un cielo artificial como control para semejar condiciones exteriores y un modelo cuidadosamente construido para semejar condiciones interiores.

Ambos métodos requieren dos suposiciones básicas:

Selección de condiciones exteriores standard

Selección de la reflexión de las superficies interiores.

El uso de modelos ha demostrado ser práctico, más rápida y económico que los métodos computarizados y que la precisión de los resultados es tan alta como aquella obtenida por cualquier otro método.¹

Un cielo artificial (en este caso un hemisferio elíptico en carte vertical) permite ensayos independientes de las limitaciones de tiempo de prueba y de condiciones fluctuantes de las condiciones de iluminación que encontramos al aire libre. La presencia de una nube en un cielo despejado o las variaciones de profundidad de las nubes en un día con cielo encapotado hacen que los ensayos que se hagan de un día a otro o de una hora a otra, no sean comparables.

Sólo en una situación artificial con condiciones de iluminación uniformes es posible ensayar formas de construcción y detalles como variables independientes.

1) Estación Experimental de Ingeniería, College Station, Texas; varios informes sobre el uso de modelos para el ensayo de distribución de luz. Otros experimentos hechos por los profesores J. W. Griffith, Southern Methodist University, Dallas, Texas, y T. A. Markus, Welsh School of Architecture, Cathays Park, Cardiff, Inglaterra, dan fe del valor y lo práctico de los modelos en ensayos.

Cúpulas de iluminación han sido instaladas en varias escuelas de arquitectura, especialmente en Inglaterra. Una publicación reciente, "Progress in Daylighting Design", por el profesor Markus, publicada por Pilkington Bros., Ltd., St. Helena, Lancashire, es una excelente reseña de la actividad en este campo de estudio.

Density of luminous flux upon a surface; amount of light incident upon a surface.

Illumination

Visible radiant energy; quantity of "flux" is measured in lumens.

Light

Unit of luminous flux; quantity of flux emitted through a unit solid angle (one steradian) from a "standard candle."

Lumen

Unit of illumination; illumination on a surface one square foot in area at a distance of one foot from a "standard candle" (on which is uniformly distributed a flux of one lumen); one lumen per square foot.

Footcandle

Unit of illumination (metric system); one lumen per square meter.

Lux

Unit of illumination (metric system); one lumen per square centimeter.

Phot

Reflectance of a surface; percentage of incident light reflected from a surface (light falling upon a surface which absorbs or transmits half of the light and reflects half has a reflection factor of 50 per cent).

Reflection Factor

Luminous intensity or luminance of a surface; an illumination source (may result from light produced by or reflected from a surface).

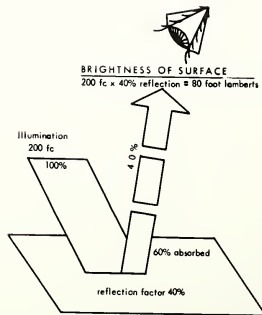
Brightness

Unit of luminance or brightness being emitted from a source at the rate of one lumen per square foot. Brightness (in footlamberts) of a reflecting surface is equal to the intensity of the light incident upon it (in footcandles) multiplied by its reflection factor: $70 \text{ f.c.} \times 50\% \text{ r.f.} = \text{brightness of } 35 \text{ footlamberts.}$

Footlamberts

Unit of brightness of a surface emitting or reflecting light at the rate of one lumen per square centimeter.

Lamberts



QUALITY LIGHTING



Quality

Certainly the criteria for good lighting can be measured and expressed as scientific data, e.g., the comparison of the quantity and diversity criteria in different lighting situations. Other criteria and controls for good lighting situations must be investigated in other fashions, but the effects on quantity and diversity of various controls and devices can be measured and compared by the test procedures herein described.

The importance of lighting in

- mood
- comfort
- accident prevention
- task and learning efficiency
- physical well-being or fatigue

has been demonstrated, and it is from the relation between lighting and these factors that the basic principles of quality in lighting are derived. These elements of quality have been proved, defined, and are well known. They are here discussed as the basic criteria for quality lighting:

- Adequate Quantity
- Controlled Diversity
- Optimum Brightness Balance.

Quantity

Light required for survival, for efficient accomplishment of tasks, for comfort in any situation can vary in quantity from a fraction of a footcandle to several thousand. The natural luminous environment under which the eyes evolved presents situations within this enormous spread in light quantity. The eyes have a remarkable capacity for adapting to these variations.

An adequate amount of light for tasks involving sight within a building is the requirement for quality lighting. The recommended levels of lighting for the variety of seeing and learning tasks in schools range from a minimum of 30 to 40 footcandles for general lighting in rooms for undifferentiated tasks to several hundred footcandles in rooms for special tasks involving detail work such as drafting and sewing. Buildings of all types require similar spreads in lighting quantity.

A totally uniform lighting situation is seldom achieved, is not necessarily desirable, and is expensive. A certain diversity in the distribution of light within a space is commensurate with good quality; variations in lighting intensities possess a psychological advantage over uniform conditions. Diversity must be accepted, particularly in day-lighted spaces, but it must be controlled.

The usually recommended diversity in task brightness in schools is 1:2, meaning the poorest light at a task station should be no less than one half as much light as at the best station.

The brightness balance of all surfaces within a room is the final basis on which quality is judged. The National Council on Schoolhouse Construction recommendations on brightness differences are the generally accepted criteria for visual comfort:

The brightness in footlamberts of any surface viewed from any sitting or standing position in a room shall not exceed ten times (maximum brightness ratio, 1:10) nor be less than one third of the brightness of the poorest lighted task station in the room. This includes the view through the windows and the brightness of the lighting fixtures as well as all interior surfaces.

The brightness in footlamberts of any surface adjacent to the task station should not be greater than three times the task brightness.

Diversity

Diversity Ratio

Brightness

As lighting intensities are increased above the minimum 30 to 40 footcandle levels, the reflection factors of room surfaces become important. It is difficult to achieve desirable brightness ratios and controlled variation of intensity if low reflectance surfaces (dark finishes) are employed for any sizeable areas within a space. Reflection factors generally recommended for interior surfaces in school classrooms:

ceilings	85-90%
walls	40-60%
chalkboards	20-25%
floors	20-40%

The brightness ratios of light sources (windows or other openings in a room and the lighting fixtures) are the most difficult to control.

Daylight sources (windows and skylights) are amenable to control devices:

Window location and size: Large area openings such as window walls rather than small windows or strips of small windows result in higher intensities within the room, thus lowering the brightness ratio between interior surfaces and the brightness of the sky or view. Diversity ratios, however, are increased because the increase in intensity is greatest at the windows.

Roof overhangs and exterior louvers: Shielding direct view of the bright sky is the best brightness control.

The use of low light-transmission glass in windows through which the sky can be seen is effective, but this device excludes much of the light available for seeing purposes.

Lighting fixtures are available in which the surfaces have brightnesses amenable to the development of the ratios recommended. This quality criterion, not ordinarily reported in the manufacturer's catalogue information, can be investigated by the use of the "Scissors Curve," as developed under the auspices of the Illuminating Engineering Society.

Reflection Factors

Source Brightness



El criterio para una buena iluminación, puede ser expresado en términos científicos, e.g. la comparación entre la calidad y diversidad en diferentes situaciones de iluminación. Sin embargo, otros criterios y controles para una buena iluminación deber ser investigados de otra forma. En los procedimientos de ensaye aquí descritos se puede medir y comparar los efectos de calidad y diversidad de varios controles y mecanismos

La cantidad de iluminación tanto interior como exterior, determina el grado de ayuda y promoción de las actividades humanas en ambientes iluminados. Se ha demostrado y definido los elementos de calidad y es bien conocida su relación con otros factores:

bienestar
rendimiento en el aprendizaje
estado de ánimo
equilibrio fisiológico o fatiga
accidentes

y el criterio para una buena iluminación:

cantidad adecuada
diversidad controlada
balance óptimo de luminosidad

La cantidad de luz suficiente para sobrevivir, para el cumplimiento eficiente de tareas o para comodidad en cualquier situación varía desde fracción a miles de bujías-pié. Los niveles de iluminación recomendados en escuelas para labores de ver y aprender en recintos de tareas no diferenciados varía entre 30 y 40 bujías-pié. En recintos destinados a labores específicas, en donde interviene el detalle, como ser costura y dibujo, el nivel aumenta a varios cientos de bujías-pié. Cualquier tipo de edificio necesita a su vez gomas similares de cantidad de iluminación.

Rara vez se logra una iluminación totalmente uniforme, condición que no es necesariamente deseable y que además es cara lograrla. Cierta diversidad en la distribución de la luz en un espacio es proporcional a una buena calidad de iluminación. Las variaciones en la intensidad de iluminación ofrecen ciertas ventajas psicológicas sobre condiciones uniformes. La diversidad debe ser aceptada, especialmente en espacios con luz natural, pero debe ser controlada.

Se recomienda generalmente en áreas de trabajo en escuelas una diversidad de razón, 1:2, lo cual significa que la estación de trabajo peor iluminada debe ser no menor de la mitad de la iluminación de la estación mejor iluminada.

El equilibrio de la luminosidad en todas las superficies de un recinto es la base sobre la cual se juzga la calidad. Las recomendaciones sobre luminosidad proporcionadas por The National Council on School Construction es el criterio aceptado generalmente para una visión comoda:

Calidad

Cantidad

Diversidad

Razon de Diversidad

Luminosidad

La luminosidad en Lamberts-Pié de cualquier superficie mirada desde cualquier posición ya sea sentada o de pie en un recinto, no debe exceder diez veces (razón de luminosidad máxima, 1:10) a ser menor a un tercio de la luminosidad en la estación por iluminación del recinto. Esta incluye la vista a través de ventanas y la luminosidad de lámparas, como asimismo todas las superficies interiores.

La luminosidad en Lamberts-Pié de cualquier superficie adyacente a una estación de trabajo no debe ser mayor a tres veces la luminosidad necesaria para ese trabajo.

Cuando las intensidades de iluminación son superiores al nivel de 40 a 40 Lambert-Pié, los índices de reflexión de las superficies del recinto se transforman en un punto importante. Es difícil lograr razones de luminosidad deseables y un control de las variaciones de intensidad si se utilizan superficies de baja reflexión (terminaciones oscuras) en áreas considerables dentro de algún recinto. Los índices de reflexión recomendados para superficies interiores en sala de clase son:

cielos	85 - 90%	pizarranes	20 - 25%
muros	40 - 60%	pavimentos	20 - 40%

Las razones de luminosidad de fuentes de iluminación (ventanas u otras arañas en un recinto y lámparas) son las más difíciles de controlar.

Están sujetas a control, fuentes de iluminación diversas (ventanas y claraboyas):

Ubicación y tamaño de ventanas: Las aperturas grandes, como ser, ventanas de piso a cielo, en lugar de ventanas pequeñas a ventanas corridas, permiten una mayor intensidad de iluminación en el recinto, disminuyendo por consiguiente la razón de luminosidad entre las superficies interiores y la luminosidad del cielo a los vistas. Sin embargo, las razones de diversidad aumentan debido a que la intensidad es mayor en las ventanas.

Valadizas y celas exteriores, protegiendo la visión directa del cielo, son las mejores contrapesos de la luminosidad.

El uso de vidrios de baja poder de transmisión de luz en las ventanas permite la visión del cielo, pero esta artimaña disminuye mucha la luz disponible para una visión eficaz.

Se pueden conseguir lámparas en las cuales las superficies de luminosidad estén sujetas al desarrollo de las razones recomendadas. Esta información no está expresada comúnmente en el catálogo del productor, puede ser, sin embargo, determinada con el uso de la "Scissors curve", desarrollada bajo los auspicios de la Illuminating Engineering Society.

Índices de Reflexión

Luminosidad de fuentes de iluminación

As lighting intensities are increased above the minimum 30 to 40 footcandle levels, the reflection factors of room surfaces become important. It is difficult to achieve desirable brightness ratios and controlled variation of intensity if low reflection surfaces (dark finishes) are employed for any sizeable areas within a space. Reflection factors generally recommended for interior surfaces in school classrooms:

ceilings	85-90%
walls	40-60%
chalkboards	20-25%
floors	20-40%

The brightness ratios of light sources (windows or other openings in a room and the lighting fixtures) are the most difficult to control.

Daylight sources (windows and skylights) are amenable to control devices:

Window location and size: Large area openings such as window walls rather than small windows or strips of small windows result in higher intensities within the room, thus lowering the brightness ratio between interior surfaces and the brightness of the sky or view. Diversity ratios, however, are increased because the increase in intensity is greatest at the windows.

Roof overhangs and exterior louvers: Shielding direct view of the bright sky is the best brightness control.

The use of low light-transmission glass in windows through which the sky can be seen is effective, but this device excludes much of the light available for seeing purposes.

Lighting fixtures are available in which the surfaces have brightnesses amenable to the development of the ratios recommended. This quality criterion, not ordinarily reported in the manufacturer's catalogue information, can be investigated by the use of the "Scissors Curve," as developed under the auspices of the Illuminating Engineering Society.

Reflection Factors

Source Brightness



ARGUMENT

Conditions of natural lighting fluctuate from minute to minute. There is no standard sky. The three prime causes of variations in the natural luminous environment are sun effect, cloud cover, and the character of the terrain. The effects of these variables on interior illumination must be considered in developing testing procedures.

Direct sun effect can be ignored in this testing procedure because:

Sun
Effect

The natural lighting on the interior of actual buildings will vary in many predictable ways: with orientation, time of year and day, sun or shade on terrain, and similar natural phenomena.

Since sun effect usually results in an increase over that obtained from sky effect only, a minimum set of conditions without sun can be assumed and lighting levels predicted. On sunny days the assumed lighting conditions will be augmented by sun effect resulting in higher interior lighting levels—a condition more desirable for indoor lighting levels but not vitiating the importance of the levels obtained under minimum conditions.

Cloud effect is standardized in this testing procedure because:

Cloud
Effect

The continuous variation in lighting on partly cloudy days makes suspect any lighting levels predicted. Conditions similar to those obtained while testing may recur only seldom, or never. On completely overcast days, the cloud brightness may vary several thousand per cent, resulting in the necessity for reporting lighting levels related to a table of various daylight intensities.

The near terrain is considered a part of the model because:

Terrain

Natural lighting levels within buildings are determined as much by the reflection of light from the landscape surrounding buildings as by light coming directly from the sky or sun. The light contribution from the terrain or walls of nearby structures can be, for one-story buildings, as great as 50 per cent or more of the total light entering the building. This contribution ordinarily diminishes in importance for stories above the second and can be ignored from this level up without serious error.

The following standards apply to all testing procedures and are chosen to make building form and fenestration the only variables. Thus the comparison of building forms under relatively normal, if minimum, conditions of outdoor lighting is made easy and exact enough to be useful.

Standards

All testing reported herein is based on a standard minimum sky condition - a totally overcast sky without sun. Illumination values reported from the stations within the rooms will be greater at any time sun effect is added. The lighting in the building forms being compared can be evaluated for basic adequacy under minimum daylighting conditions as well as in comparison.

The standard totally overcast sky selected has two characteristics. First the brightness at the zenith is greater than that at the horizon. This is characteristic of overcast skies and is in opposition to the brightness distribution of clear skies which are brighter on the horizon than at the zenith. Second, the totally overcast sky is specified as producing an intensity of 500 footcandles on the vertical plane of the fenestration, excluding the light reflected from the ground, and 1250 footcandles on the horizontal plane of the roof.

Basically, with the variation uniform from zenith to horizon, the ratings for illumination are established at:

Overcast Sky:

Illumination at zenith	1500 footcandles
Illumination at horizon	500 footcandles

With no sun, no clouds, the ratings reverse:

Clear Sky:

Illumination at zenith	500 footcandles
Illumination at horizon	1500 footcandles.

With the clear sky standard, combined with another testing procedure for sun effect, results of tests can be added to obtain close approximations of actual lighting levels within buildings on sunny days.

Except for situations involving reflective vertical surfaces, contributions to light within a building are negligible from horizontal surfaces at distances beyond 50 feet. Thus, the terrain within a 50-foot radius of the building is considered an integral part of the model being tested and variations can be introduced to simulate specific conditions. A light reflectance of 10 per cent approximates that of grass, for example; and a surface of that reflectance is situated around the model when tests are made.

Standard
Sky

Standard
Terrain





PARAMETROS DE PRUEBA

Las condiciones de iluminación natural fluctúan de minuto a minuto, no existe un cielo standard. Las tres causas básicas de estos cambios son: efectos del sol, nubes y características del terreno.

Los efectos directos del sol pueden ser ignorados en este procedimiento de ensayo ya que:

La iluminación natural en el interior de los edificios varía de diversas maneras en forma predecible: debido a su orientación, época del año y día, sol o sombra sobre el terreno y fenómenos naturales semejantes.

Ya que de los efectos del sol se deriva un aumento con respecto a aquellos logrados con el cielo únicamente, pueden asumirse una serie de condiciones mínimas sin considerar el sol y por lo tanto predecir niveles de iluminación. En días despejados y con sol las condiciones de iluminación supuestas se verán aumentadas por los efectos del sol y los niveles de iluminación interior serán mayores: condición más deseable para los niveles de iluminación de interiores pero que no vicia la importancia de los niveles obtenidos bajo las condiciones mínimas.

En este procedimiento se ha estandarizado el efecto de las nubes ya que:

La variación continua de la iluminación en días parcialmente nublados hace sospechar de la predicción de cualquier nivel de iluminación. Condiciones semejantes a aquellas con las que se ha ensayado pueden rara vez o nunca repetirse.

En días completamente nublados, la luminosidad de las nubes puede variar en miles por ciento. Esto obligaría a establecer una relación por medio de cuadros de los niveles de iluminación y de las variaciones en las condiciones de iluminación.

Los niveles de iluminación natural de los edificios son determinados tanto por la reflexión de la luz de los jardines y ambiente que la rodean, como por la luz que proviene directamente del sol o cielo. La contribución de luz por parte del terreno o muros de estructuras cercanas puede ser, en edificios de un piso, hasta de un 50% a mayor al total de la luz que penetra al edificio. Esta contribución por lo general disminuye la importancia de los pisos sobre el segundo y se pueden ignorar sin caer en un grave error.

Los standards dados a continuación se aplican a todas las procedimientos de ensayo y han sido elegidos de manera que la forma de los edificios y la fenestracón sean las únicas variables, de manera de simplificar dentro de límites razonables la comparación de formas de edificios bajo condiciones relativamente normales, si bien mínimas, de las condiciones de iluminación de los alrededores.

Efectos
del
Sol

Efectos
de
Nubes

Terreno

Standards

Los ensayos de este informe están basados en una condición de cielo standard mínima - cielo totalmente cubierto, sin sol - ya que los valores de iluminación en las diversas estaciones de un recinto serán mayores en cualquier momento. El efecto del sol se añade a las condiciones de días parcialmente cubiertos o días despejados. Esto significa que la iluminación que se compara en las distintas formas para un edificio puede ser evaluada ya sea para suficiencia básica o bien para comparación.

Cielo Standard²

El standard de cielo totalmente cubierto elegido tiene dos características. Primero, la luminosidad en el zenit es aproximadamente el doble de la del horizonte. Esta es una característica de cielos totalmente nublados y se opone a la distribución de la luminosidad en días despejados en que son más luminosos en el horizonte que en el zenit. Segundo, el cielo totalmente cubierto tiene la particularidad de producir una intensidad de 50 bujías-pié en el plano vertical de la fenestración, excluyendo la luz reflejada por el suelo y 1250 bujías-pié en el plano vertical del techo.

Básicamente, con la variación uniforme de zenit a horizonte los valores de iluminación se establecen para:

Cielo totalmente cubierto:

Iluminación en el zenit	1500 bujía-pié
Iluminación en el horizonte	500 bujía-pié

Sin sol, sin nubes, los valores se invierten:

Iluminación en el zenit	500 bujía-pié
Iluminación en el horizonte	1500 bujía-pié

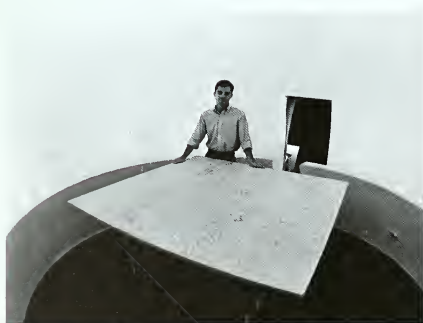
Con el standard de cielo despejado, combinando con otro procedimiento de ensayo para el efecto del sol, se pueden obtener aproximaciones cercanas a los niveles de iluminación existentes en los edificios en días despejados.

Excepto en situaciones que involucren superficies verticales reflectantes, los contribuciones a la luz en los edificios de las superficies horizontales o distancias mayores de 50 pies son despreciables. Por lo tanto, el terreno dentro de un radio de 50 pies el edificio es considerado como parte integral del modelo en estudio y se pueden introducir variaciones para simular condiciones específicas. Una reflexión de un 10 por ciento es aproximadamente la del pasto por ejemplo, y una superficie de reflectancia similar debe ser situada en el modelo cuando los estudios sean hechos.

Terreno Standard



2) IES Lighting Handbook, por Illuminating Engineering Society, 345 East 47th Street, New York, N.Y. 10017.



ARTIFICIAL SKY

The hemispherical plaster dome, 14 feet in diameter, elliptical in section, five feet from spring line to zenith, was constructed of 3/4 inch channels bent to shape, metal lath, three coats plaster, with a light sanded finish coat using ordinary lathing and plastering methods. The dome was a gift to the Rice School of Architecture from the Texas Bureau of Lathing and Plastering. It was built in place in the classroom spaces of the school and the cost to reproduce it is estimated to be between \$600 and \$800.

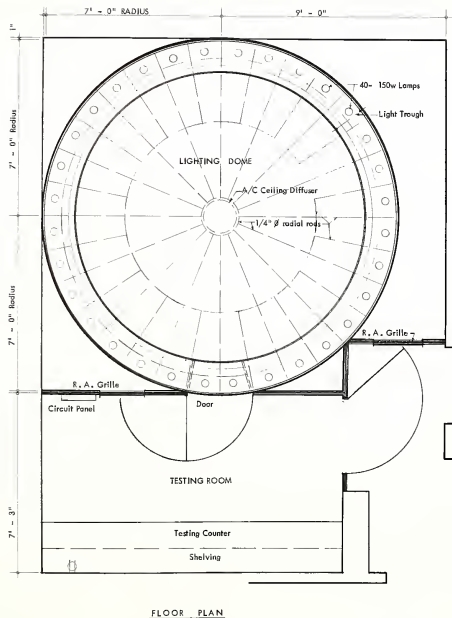
The interior is painted a flat white with a high light reflectance value. Forty 150-watt flood lamps in adjustable sockets are set in a light cove with their tops at the level of the spring line of the hemisphere — this level represents the horizon line in the tests. An access door allows personnel to enter the dome to position the models and have easy access between the dome and instrument counter outside the dome. Sleeves through the lower portion of the dome accommodate wires connecting the sensing cells inside the dome with remote meters set on the instrument counter.

Clear Sky: The lights are adjustable through a cone of 90° and are switched alternately, providing uniform dimming to half intensity. When reflector floor lights are adjusted to be approximately vertical, the light wash on the dome creates the standard clear sky condition: bright horizon fading uniformly to a zenith, rated at one third of the horizon's brightness.

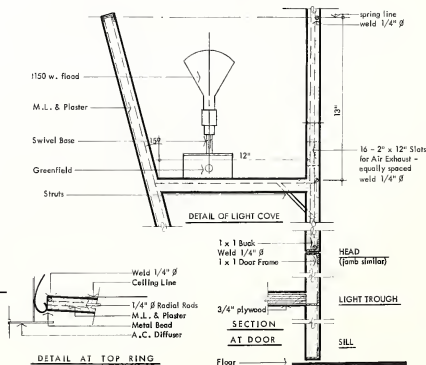
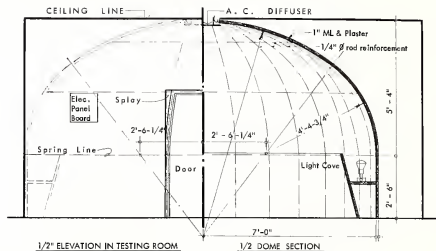
Overcast Sky: When reflector spots are used in alternate outlets, with about ten focused at the zenith and the remainder adjusted to wash the middle of the hemisphere, the standard overcast sky condition is created: bright zenith fading uniformly to a horizon, rated one third of the brightness at the zenith.

In both cases, the illumination obtained in the testing table is 550 footcandles. In both methods the $3^\circ/21^\circ$ Honeywell-Pentax Light Meter is used to check the light wash and adjust the attitude of the lamps and re-check until relatively uniform gradation throughout the surface of the dome is obtained.

Note well, mechanical ventilation of installations of this sort is necessary because of the high heat output of the lamps and the re-radiation from the surface of the dome.



LIGHTING DOME AT RICE UNIVERSITY SCHOOL OF ARCHITECTURE





CIELO ARTIFICIAL

La cúpula hemisférica de yeso, de 14 pies de diámetro, de sección elíptica, de cinco pies de horizonte a zenit, se construye en base a ductos de 3/4 pulgados doblados para dar la forma; metal desplegado, tres capas de yeso, con enlucido de yeso de terminación, utilizando métodos convencionales de enyesado. La cúpula fue una donación a la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Rice por parte de el Texas Bureau Lathing and Plastering. Fue construida in situ en un área de sala de clases y se estima que reproducir esto tendría un costo de alrededor de \$600 a \$800.

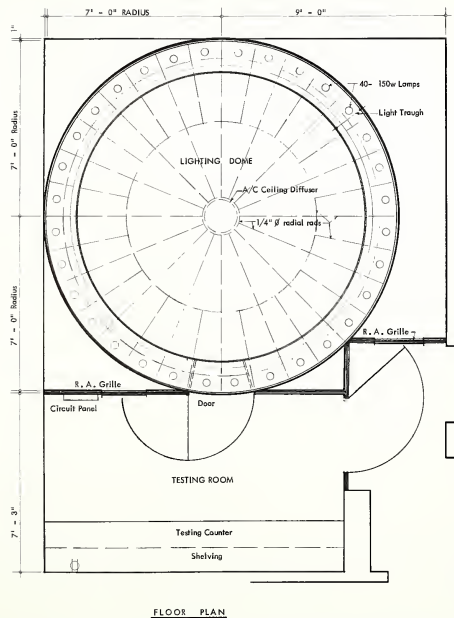
El interior se pintó de blanco opaco, de un alto índice de reflexión. Se han ubicado cuarenta focos de 150 watt con portalámparas ajustables en un nicho de iluminación, con el borde superior de éstas al nivel del horizonte del hemisferio - nivel que representa el nivel del horizonte en estas pruebas. Una puerta de acceso permite al personal entrar a la cúpula y ubicar los modelos y expedita relación entre la cúpula y el panel de instrumentos ubicado en el exterior de la cúpula. Canales en la parte inferior de la cúpula sirven para ubicar todos los alambres de los células eléctricas en el interior, con los fotómetros ubicados en el panel de instrumentos.

Cielo despejado: los focos son ajustables en una extensión de 90 grados y se pueden encender en forma alternada, lo que permite una disminución hasta la mitad de la intensidad. Cuando los focos son ajustados a aproximadamente la vertical, la luz sobre la superficie de la cúpula crea la condición standard de cielo despejado: horizonte luminoso decreciendo uniformemente hasta el zenit, en ese punto con un tercio de la luminosidad.

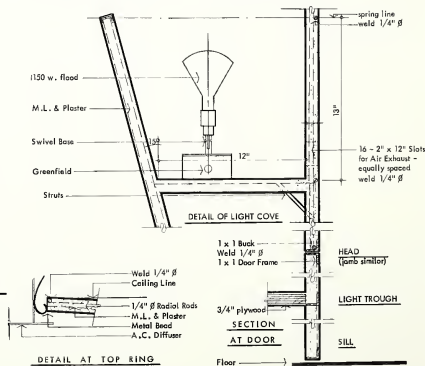
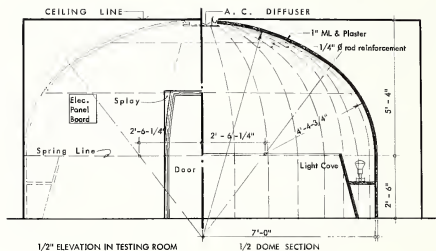
Cielo cubierto: cuando se alterna el uso de los focos, con alrededor de diez de ellos ajustados sobre el zenit y el resto hacia la mitad del hemisferio, se crea la condición standard de cielo cubierto; zenit luminoso decreciendo uniformemente hacia el horizonte y en ese punto con un tercio de la luminosidad del zenit.

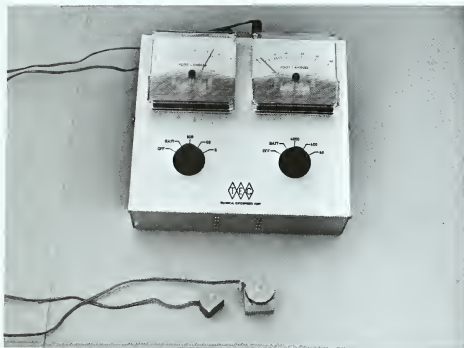
En ambos casos, la iluminación obtenida en la superficie de ensayo es de 550 bujíos-pié. En ambos métodos el fotómetro 3A/21^o Honeywell Pentax es empleado para medir la intensidad de la luz sobre la superficie de la cúpula y para ajustar la posición de los focos hasta lograr una degradación uniforme en toda la superficie de ésta.

Téngase en cuenta que en instalaciones de esta naturaleza se necesita algún tipo de ventilación forzada debido a la enorme cantidad de calor producida por los focos y la re-radiación de la superficie de la cúpula. En ésta se colocó un difusor de cielo en el zenit de 800 cm. y se colocaron ranuras para aire de retorno en el perímetro de la cubierta vertical de los focos, con el propósito de disipar la mayor cantidad de calor posible.



LIGHTING DOME AT RICE UNIVERSITY SCHOOL OF ARCHITECTURE





INSTRUMENTATION

Light Probes

The probes consist of cadmium sulphide photo resistors (CLAIREX CL 905 N Photo Cells) selected for their small size and for color response corresponding closely to that of the human eye, encased in a 1" round 9/16" thick solid brass base with wiring connections at the side of the base. The accompanying sketch shows the construction of the testing probes and the devices used. Note that the meter plugs for the cells are not the same: the meters used are calibrated to a single photo-cell's response, and interchanging the cells decreases the accuracy of the readings.

Cosine correction is made necessary because the photo-cells are chiefly sensitive within a 60° cone. This is done by applying five layers of .006" thick Teflon tape over the cells' window in the base, diffusing entering light throughout on 180° field and obtaining a response to the complete field corresponding to that recommended by the Illuminating Engineering Society for meter cells. The translucence of Teflon tapes varies with different manufacturers, and the amount here used is the result of trial and error testing against a G E light meter that had been calibrated at the factory.

Because the color sensitivity of the photo cells is high in the red range, color correction is accomplished by the use of .277" thick Jenaer #BG-18 optical glass filters set immediately below the translucent plastic cosine-correction tapes and immediately above the photo cell.

Meters

Battery-powered, 20 ma, connected with 20-foot lines to the cells and calibrated to read full scale in the following ranges:

Meter #1 (used in the model test stations)

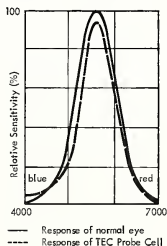
1. 0-5 footcandles
2. 0-50 footcandles
3. 0-500 footcandles

Meter #2 (control meter on roof of model in dome or when testing outdoors)

1. 0-40 footcandles
2. 0-400 footcandles
3. 0-4000 footcandles

Note, an improvement in facility and range of testing will result from increasing the scale calibration of Meter #2 to read up to 10,000 footcandles.

A calibration hook-up for the two meters with response-adjusting screws on each meter makes it possible to check the similarity of response of the cells and the condition of the meter batteries before and after each test is run.



COLOR SENSITIVITY

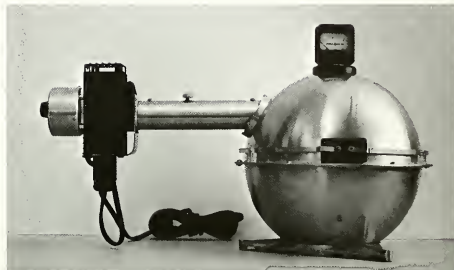
Light Meter: Honeywell-Pentax 3°/21° Exposure Meter with illuminance scale decal to convert readings from photographic scales to footcandles per square foot or foot lamberts. This meter can focus to and give a brightness reading in a 3° cone. It is used to check the uniformity of the light wash on the interior surface of the dome.

Reflectometer: General Electric Reflectometer Model 8PV1 to test and control the reflectance of the terrain and the interior surfaces of the dome.

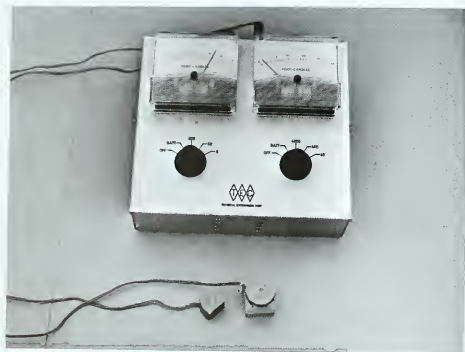
An approximate cost of installation includes: Plaster Dome and Lighting, \$1500; Photo Probes and Meters (available at Technical Enterprises Corp., Houston, Texas), \$800; Honeywell-Pentax 3°/21° Exposure Meter with #799 Decal, Minneapolis Regulator Co., \$100; Baumgartner Reflectometer, General Electric Co., \$100.



LIGHT METER



REFLECTOMETER



Fotocélulas

Las fotocélulas consisten en fotoresistores de sulfuro de cadmio (Fotocélulas CLAIREX CL 905 N) elegidas por su reducido tamaño y por su respuesta al color, semejante a la del ojo humano. Esta, está montada sobre una base de bronce de 9/16" de espesor y 1" de diámetro con empalmes eléctricos en el costado. El esquema adyacente muestra la construcción de los fotocélulas de ensayo y los mecanismos utilizados. Obsérvese que hay que efectuar una operación coseno-corrector debido a que las fotocélulas son especialmente sensibles en un cono de 60°. Esta se efectúa mediante la colocación de cinco capas de cinta de Teflón de 0,006" de espesor sobre la abertura de la fotocélula en su base, y cuyo resultado, es lagrar la difusión de la luz dentro de un cono de 180° y obteniendo así una respuesta completa del campo, correspondiente a aquella recomendada por la Illuminating Engineering Society para fotómetros. Lo translúcido del Teflón depende del productor y la cantidad usado en este caso corresponde a un ensayo de tanteo con un fotómetro G E que hablo sido calibrado en la fábrica.

Debida a la alta sensibilidad de las fotocélulas en la gama de los rojos, se efectua una corrección de color por medio de un filtro Jenaer #BG-18 de 0,277" de espesor, colocado entre la fotocélula y la cinta coseno-correctora. El gráfico correspondiente muestra la respuesta al color obtenido, comparado con el gráfico de respuesta del ojo normal, de la Illuminating Engineering Society.

Se utilizan dos fotocélulas: uno como control y la otro como célula de ensayo dentro del modelo. La base de la segunda célula es cortada en dos costadas a 90° permitiendo así colocarla en una estación a 1/4" de una esquina. Si se utiliza un modelo a escala de 1/4" es posible lograr la lectura de intensidad de iluminación a distancias de un pie, desde un muro a una esquina.

Fotómetros

En base a baterías, 20 ma, conectados por medio de 20 pies de cordón a las células y calibrados para poder leer en su totalidad las siguientes gamas:

Fotómetro N. 1 (usado en las estaciones del modelo)

1. 0-5 bujías-pié
2. 0-50 bujías-pié
3. 0-500 bujías-pié

Fotómetro N. 2 (fotómetro de control para utilizarse sobre el techo del modelo, en la cúpula, o al exterior)

1. 0-40 bujías-pié
2. 0-400 bujías-pié
3. 0-4000 bujías-pié.

Obsérvese que, al calibrar el fotómetro N. 2 para una lectura de hasta 10.000 lamberts-pié se mejorará tanto en facilidad, como en la gama de ensayos.

Un acoplamiento para calibrar los fotómetros con tornillos ajustables en cada uno, hace posible verificar la similitud de respuesta de las células y el estado de las baterías en cada una, antes y después de cada prueba. Se muestran los diagramas de circuitos y conexiones para los fotómetros en la página 16.

Fotómetro: Honeywell-Pentax 3°/21° con escala de iluminación que permite convertir medidas de escalas fotográficas a bujías-pie por pie cuadrado o footlamberts. Este fotómetro puede enfocar y leer la luminosidad en un cono de 3°. Se utiliza para medir la uniformidad de iluminación en el interior de la cúpula.

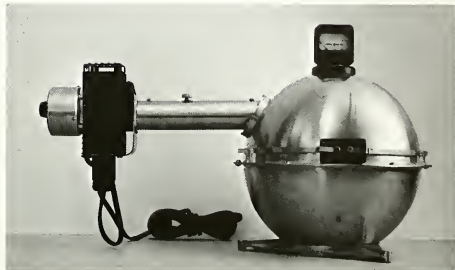
Reflectómetro: Reflectómetro General Electric modelo 8PVII para ensayar y controlar la reflexión del terreno y de las superficies interiores del modelo.

COSTO DEL EQUIPO

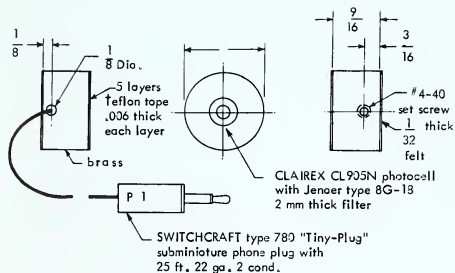
Un costo aproximado de la instalación comprende: cúpula de yeso e iluminación, \$1500; células fotoeléctricas y fotómetro, disponible en Technical Enterprises Corp., Houston, Texas, \$800; fotómetro 3/21 Honeywell-Pentax, \$100; reflectómetro General Electric, \$100.



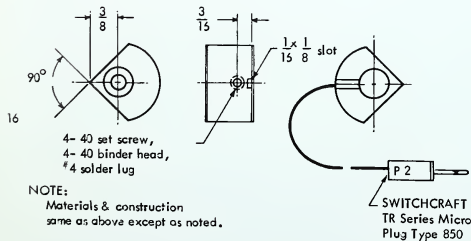
LIGHT METER



REFLECTOMETER



CONTROL PROBE



TESTING PROBE

ILUSTRACIONES SOBRE LA CONSTRUCCION DE FOTOCELULAS
DRAWINGS SHOWING CONSTRUCTION OF LIGHT PROBES

Assembly Products
Model 302 Code 5163
Part #37-082-0050

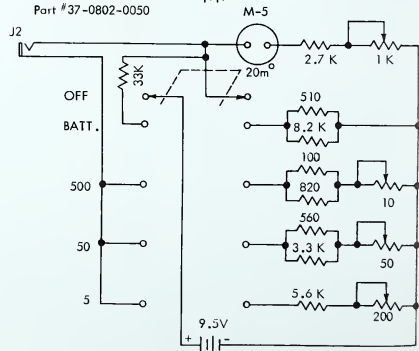
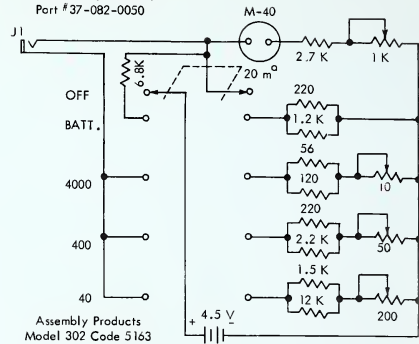
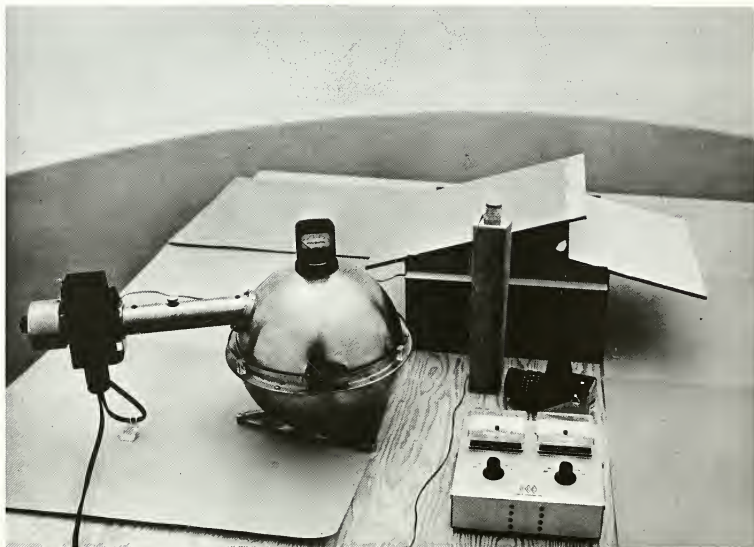


DIAGRAMA DEL CIRCUITO DEL FOTOMETRO T.E.C.
CIRCUIT DIAGRAM T.E.C. LIGHT METER





MODELS

Models: 1/2 inch to 3/4 inch scale with surfaces painted to give the following standard reflectances:

ceilings	80%
walls	60%
floors	30%

The models are carefully built to simulate interior conditions, complete with casework and other interior appointments large enough to influence reflectances. Testing stations are marked on the floor of the model and the interior photo-cell moved from station to station as testing progresses. Windows of the model are not glazed, but if large, mullions are built to scale.

Roofs of the models are constructed so that they can be removed easily to accommodate the testing adjustments, an easier mechanism than shifting the models.

On all sides of the architectural model the terrain is scaled to represent a 50-foot radius. This terrain is painted gray to simulate the 10% reflectance of grass, the 30% reflectance of concrete, or similar simulation.

The model is placed at the center of the dome on the testing table with the model base at the horizon line defined by the height of the light trough 30 inches above the dome floor.

The use of "Colorprint" paper sheets, obtainable in a large range of gray tones is a convenience in obtaining uniformly reflective surfaces for both the interior and the terrain. Finding the reflectance percentages for each tone is done with the Reflectometer, and the selected sheets are secured to the walls of the model with rubber cement.

MODEL TESTING

One photo cell is placed at a test station in the model at an elevation 30 inches (70 centimeters) above the floor, the working plane. The roof is replaced and the second photo cell, the control cell, is placed on the roof, adjusted with its top surface horizontal and located on the highest roof level.

Readings are taken at each test station within the model with a check of the control cell reading and notation of any variation in the control cell from station to station. If variation is present, it results from a variation of the light output (current variations) or a change in meter battery power.

The ratio between the control cell reading and the 1250 f.c. standard sky is applied to the meter readings at each test station. The result is the predicted lighting level at the various stations.

Immediately before and after each test, two calibration procedures are necessary:

1. With the meters set on "battery," set both scales to register "full."
2. Set cells side by side under the same illumination; calibrate meter readings.

Current or battery fluctuations during testing change the above ratio and the application of differing ratios gives automatic correspondence of all readings reported.





MODELOS

Modelos: a escala de 1/2 pulgada a 3/4 de pulgada por pié, con las superficies pintadas de manera que den los siguientes índices standard de reflexión:

cielos	80%
muros	60%
pisos	30%

Los modelos son construídos cuidadosamente de manera que simulen las condiciones interiores, incluyendo mobiliaria u otras características interiores de dimensión tal que puedan influir en la reflexión. Los estaciones de prueba se marcan en la base del modelo y la fotocélula interior se mueve de estación en estación a medida que la prueba avanza. No se coloca vidrio en las ventanas del modelo, sin embargo, si los elementos de ventana son de tamaño considerable, se construyen a escala.

Los techos de las modelos se construyen de manera que puedan removerse fácilmente de manera de poder hacer los ajustes de ensaye necesarias, procedimiento más sencilla que el tener que mover el modelo.

Por todos los costados del modelo se construye o escala, terreno que represento un radio de 30 pies. Se pinta este de color gris para simular el 10% de reflexión del pasto, 30% del concreto, a cualquier factor correspondiente.

Se ubica el modelo en el centra de la cúpula sobre la mesa de pruebas con lo base del modelo sobre la línea del horizonte definido por la altura de la luz o bien 30 pulgadas sobre el nivel de piso de la cúpula.



PRUEBAS EN MODELOS

Una fotocélula se coloca en la estación de prueba del modelo a una altura de 30 pulgadas (70 centímetros) sobre el piso, (plano de trabajo). Se calca el techo y una segunda fotocélula, la de control, se calca sobre éste de manera que su cara superior esté horizontal y en el nivel superior.

Se toman las lecturas de cada estación en el modelo, verificando siempre la lectura de la célula de control y considerando cualquier variación de la célula de control de estación en estación. Si aparece cualquier variación, ésta se deberá a una variación en la intensidad de luz (variaciones de la corriente) o bien a un cambio en la intensidad de corriente de las baterías de los fotómetros.

La razón entre la lectura de la célula de control y las 1250 bujías-pie del cielo standard se aplica a cada lectura hecha en cada estación. El resultado, es el nivel de iluminación predecible en las distintas estaciones.

Fluctuaciones de corriente o de las baterías durante la prueba alteran la mencionada razón y la aplicación de distintas razones dan correspondencia automática a todas las lecturas.

Inmediatamente después y antes de cada prueba, son necesarios dos procedimientos de calibración:

1. Con los fotómetros puestos en "battery", póngase ambas escalas en "full".
2. Colóquense las fotocélulas una al lado de otra bajo la misma iluminación; calíbranse las lecturas en los fotómetros.



CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test
Lighting Dome

30 November 64
Rice University

LA
FERIA
SUR
Overcast sky
1250 foot-candles
on plane of roof

LA FERIA SUR

Tests conducted for the Chilean Community Facilities Planning and Action Program show typical testing and reporting procedures.

MODEL #1
Monitor roof
Bilateral lighting
Large strip windows
Covered passage on one side

Reflectances

Two building sections being considered by the designers of a schoolhouse project at LaFeria Sur were compared for lighting performance. In addition to tests on two typical sections, two variations were included as an aid to design decisions in later phases. The models represent a monitor roof system with one alternate, a small clerestory section with three alternates, and a large clerestory with three alternates.

Models constructed at a scale of 1:20 (metric) with approximately 30 meters (100 feet) of scaled terrain were used. The reflection factor of the exterior terrain was 50%, simulating concrete or sandy soil. Interior reflectances were set:

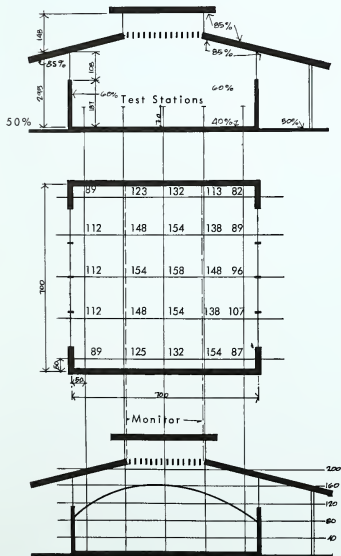
ceilings, roof soffits, ceiling grilles	85%
walls	60%
floors	40%

No simulation of chalkboard was included but shelves indicated at exterior walls below the strip windows were included.

Window and roof openings were unglazed. No attempt was made to simulate the light transmission factor of glass nor the small loss in light from window frames, mullions and muntins. The ceiling louvers were carefully constructed to scale and painted the same reflectance value as the ceiling.

Lighting conditions simulating the minimum conditions likely to be encountered with common frequency were established. All illumination values reported were taken at the standard working plane, the horizon line set by model base and dome.

The report sheets for the building sections reveal data from which comparisons can be made to suggest where optimum conditions might be discovered. Report sheets of five of the ten models tested are included herein.



Illumination
Intensities
(Foot-candles)

CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test 30 November 64
Lighting Dome Rice University

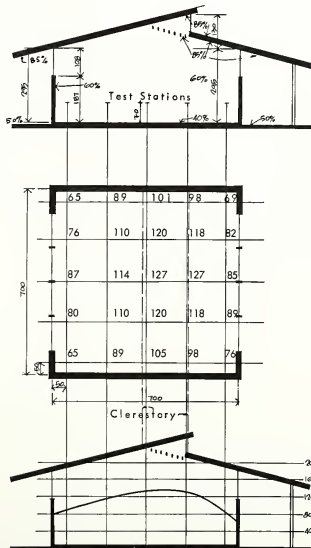
LA
FERIA
SUR
Overcast sky
1250 footcandles
on plane of roof

MODEL #2-A
Small clerestory
Bilateral lighting
Large strip windows
Covered passage on
clerestory side

Reflectances

Illumination
Intensities
(Footcandles)

Diversity
Ratio
1 : 2



CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test 30 November 64
Lighting Dome Rice University

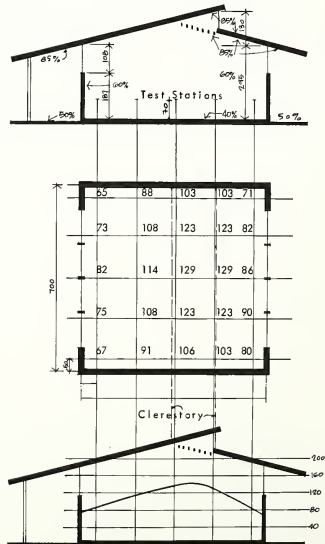
LA
FERIA
SUR
Overcast sky
1250 footcandles
on plane of roof

MODEL #2-A1
Small clerestory
Bilateral lighting
Large windows
Covered passage at wall
opposite clerestory

Reflectances

Illumination
Intensities
(Footcandles)

Diversity
Ratio
1 : 2

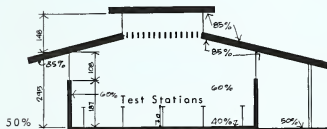


CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test
Lighting Dome

30 November 64
Rice University

LA
FERIA
SUR
Overcast sky
1250 foot-candles
on plane of roof

INFORMES DE ENSAYO - LA FERIA SUR



MODEL #1
Monitor roof
Bilateral lighting
Large strip windows
Covered passage on
one side

Reflectances

Para el Programa de Equipamiento Comunitario de Chile, se llevaron a cabo pruebas en las que se muestran los procedimientos e infameres.

Se compararon dos cartes tipo, consideradas por los arquitectos de una escuela para la población La FERIA SUR, con respecto a su comportamiento de iluminación. Además de estos, se incluyeron dos variantes para ayudar a los proyectistas en las decisiones de diseño posteriores. Los modelos representaban: un sistema de techumbre con claraboya lateral y una alternativa; con pequeñas claraboyas laterales y tres alternativas; y, con claraboyas mayores y tres alternativas.

Los modelos se construyeron a escala 1:20 (métrica) con aproximadamente 30 metros (100 pies) de terreno a escala. El factor de reflexión exterior fue de un 50% simulando concreto a terreno arenoso. Los índices establecidos para las reflexiones interiores fueron los siguientes:

cielos y celosías de cielo	85%
muros	60%
pisos	40%

No se consideró el pizarrón, pero sí las repisas indicadas en el corte bajo la ventana corrida.

No se colocó vidrio en las ventanas o claraboyas, ni se intentó simular el factor de transmisión del vidrio a la pequeña pérdida de luz debido a los marcos y elementos de las ventanas. Las celosías de cielo fueron cuidadosamente construidas a escala y pintadas con un valor de reflexión semejante al del cielo.

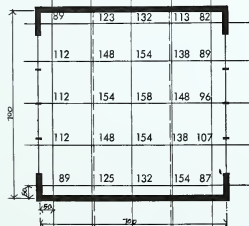
Se establecieron las condiciones que simulasen los índices de iluminación mínimos con las cuales se encuentra una con mayor frecuencia. Todos los valores fueron tomados sobre un plano standard de trabajo y la línea de horizonte tomada con respecto a la base del modelo y la cúpula.

En las hojas del informe para los diversos cartes, se encuentran datos que sugieren donde pueden ser descubiertas las condiciones óptimas.

MODELO #1
Claraboya doble
Iluminación bilateral
Ventana corrida grande
pasillo cubierto a un
costado.

Ilumination
Intensities
(Foot-candles)

Diversity
Ratio
1 : 1.9



INFORMES DE ENSAYO - LA FERIA SUR

MODELO #2-A

Pequeña claraboya
Iluminación bilateral
Ventana corrida grande
Pasilla cubierta sobre
el mismo lado de la
claraboya.

MODELO #2-A1

Pequeña claraboya
Iluminación bilateral
Ventana corrida grande
Pasilla cubierto sobre
el lado opuesto al de
la claraboya.

CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test
Lighting Dame

30 November 64
Rice University

LA
FERIA
SUR

Overcast sky
1250 footcandles
on plane of roof

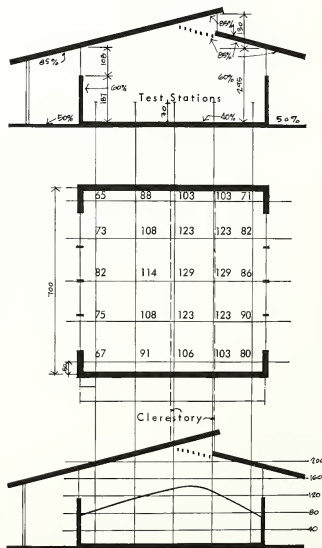
MODEL #2-A1

Small clerestory
Bilateral lighting
Large windows
Covered passage at wall
opposite clerestory

Reflectances

Illumination
Intensities
(Footcandles)

21



LA FERIA SUR REPORT LIGHTING PERFORMANCE COMPARISONS

The proposed building forms proved to be excellent from the standpoint of lighting performance: ample day light from bilateral lighting and lighting devices on the roof; brightness controlled by size and placement of windows which eliminate sky glare. Use of either of the types will result in a school classroom with possibilities for an excellent visual environment: light is of adequate quantity and excellent quality.

MONITOR ROOF SECTIONS MODELS #1 and #1A

The effect of an increase in window area is increased intensity throughout and improvement in the uniformity of lighting levels (a "flatter" curve).

The sills of the larger windows remain at heights above the floor that keep the sky brightness factor to a minimum. Generally, with higher light levels, a modicum of sky in the field of view will not be uncomfortable.

SMALL CLERESTORY SECTIONS MODELS #2, #2A, 2-1, #2-A1

Location of the covered passage on the same side as the clerestory opening results in slightly less light but more uniform distribution than location of the covered passage on the wall opposite the clerestory opening. This effect is greater in the small window scheme than that with larger windows, but is present in both. The 50% reflection factor of the terrain in the model is responsible for the effect. Landscaping that will lower the reflectance of the terrain will influence the magnitude of this effect.

The small clerestory with small window sections results in rather minimum lighting levels, a barely acceptable scheme. The lowered lighting levels resulting from furnishings, people, and glass transmission loss must be considered.

LARGE CLERESTORY SECTIONS MODELS #3, #3A, #3-1, #3-A1

Placement of the covered passage in relation to the opening of the clerestory appears to have little effect in these schemes.

Large window section distribution curves run remarkably parallel to, but greater than, those of the small window sections. Illumination levels can be the sole factors used in making decisions between them.

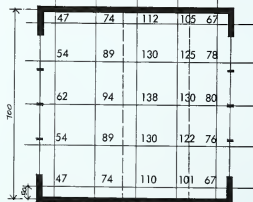
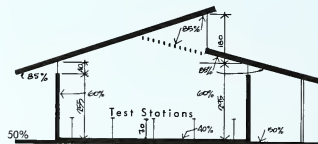
CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test 30 November 64
Lighting Dome Rice University

LA FERIA SUR

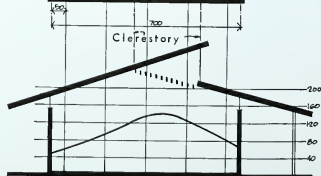
Overcast sky
1250 footcandles
on plane of roof

MODEL #3
Large clerestory
Bilateral lighting
Small windows
Covered passage on clerestory side

Reflectances



Illumination
Intensities
(Footcandles)



Diversity
Ratio
1 : 2.9

CONCLUSIONS - LA FERIA SUR

1. The Monitor Roof Scheme provides the best lighting in the two sections originally proposed.
2. An increase in window size in the Monitor Scheme results in a combination of the highest levels of illumination with the most uniform distribution of all the schemes testes.
3. An increase in the size of the clerestory over that proposed has essentially the same effect in raising lighting levels as an increase in the size of the windows. Light distribution is well within recommended limits but not quite as uniform as in the Monitor Roof Scheme.
4. The Large Clerestory with Large Window Scheme results in maximum lighting levels with light distribution well within recommended levels. If there are architectural advantages to this scheme, its performance will result in an excellent visual environment.

CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test
Lighting Dame

30 November 64
Rice University

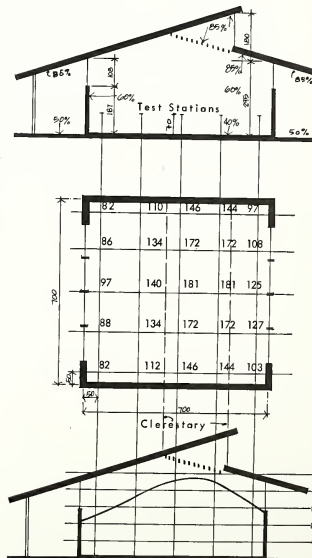
LA
FERIA
SUR

Overcast sky
1250 footcandles
on plane of roof

MODEL #3-A1

Large clerestory
Bilateral lighting
Large windows
Covered passage at wall
opposite clerestory

Reflectances



Illumination
Intensities
(Footcandles)

Diversity
Ratio
1 : 2.2

LA FERIA SUR REPORT LIGHTING PERFORMANCE COMPARISONS

The proposed building forms proved to be excellent from the standpoint of lighting performance: ample day light from bi-lateral lighting and lighting devices on the roof; brightness controlled by size and placement of windows which eliminate sky glare. Use of either of the types will result in a school classroom with possibilities for an excellent visual environment: light is of adequate quantity and excellent quality.

MONITOR ROOF SECTIONS MODELS #1 and #1A

The effect of an increase in window area is increased intensity throughout and improvement in the uniformity of lighting levels (a "flatter" curve).

The sills of the larger windows remain at heights above the floor that keep the sky brightness factor to a minimum. Generally, with higher light levels, a modicum of sky in the field of view will not be uncomfortable.

SMALL CLERESTORY SECTIONS MODELS #2, #2A, #2-1, #2-A1

Location of the covered passage on the same side as the clerestory opening results in slightly less light but more uniform distribution than location of the covered passage on the wall opposite the clerestory opening. This effect is greater in the small window scheme than that with larger windows, but is present in both. The 50% reflection factor of the terrain in the model is responsible for the effect. Landscaping that will lower the reflectance of the terrain will influence the magnitude of this effect.

The small clerestory with small window sections results in rather minimum lighting levels, a barely acceptable scheme. The lowered lighting levels resulting from furnishings, people, and glass transmission loss must be considered.

LARGE CLERESTORY SECTIONS MODELS #3, #3A, #3-1, #3-A1

Placement of the covered passage in relation to the opening of the clerestory appears to have little effect in these schemes.

Large window section distribution curves run remarkably parallel to, but greater than, those of the small window sections. Illumination levels can be the sole factors used in making decisions between them.

COMPARACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LA ILUMINACION LA FERIA SUR

Las formas propuestas para el edificio demostraron ser excelentes bajo el punto de vista de su compartamiento de iluminación bi-lateral y de los mecanismos de iluminación en el techo, luminosidad controlada por el tamaño y ubicación de las ventanas, las cuales eliminan el deslumbramiento. Con el uso de cualquiera de los tipos el resultado será el de una sala de clases con las posibilidades de un excelente ámbito visual, la luz es de una cantidad adecuada y de una excelente calidad.

Claraboya doble Modelos #1 y #1A

El efecto de un aumento en el área de las ventanas se refleja en una intensidad mayor en toda la sala y en mejor nivel de iluminación uniforme (curva más "plana"). Los antepechos de las ventanas permanecen a una altura tal sobre el piso, que mantienen el factor de la luminosidad del cielo al mínimo. Por lo general, con niveles de iluminación mayores, una pequeña cantidad de cielo en el campo visual, no es molesta.

Pequeña claraboya lateral Modelos #2, #2A, #2-1 y #2-A1

La ubicación del pasillo cubierto en el mismo lado de la claraboya permite una menor iluminación pero una mejor distribución uniforme que en el caso en que la claraboya está situada en el lado opuesto a dicho pasillo. Este efecto es mayor en el esquema de la ventana pequeña que en el de la ventana mayor pero está presente en ambos. El factor del 50 por ciento de reflexión del terreno es el causante de este efecto. La magnitud de este efecto se verá disminuida con paisajismo que disminuya la reflexión del terreno.

Con la claraboya pequeña y pequeñas ventanas, se obtienen índices de iluminación mínimos, esquema apenas aceptable. Ha de tomarse en cuenta la disminución de los niveles de iluminación gracias a el mobiliario, gente y pérdida en la transmisión de los vidrios.

Claraboya lateral mayor Modelos #3, #3A, #3-1, #3-A1

La ubicación de la claraboya con respecto a las pasillas cubiertas en estos esquemas, tiene poca efecto.

Las curvas de distribución son notablemente paralelas, pero mayores, en el esquema de la ventana mayor que en el de la ventana menor. Por lo tanto la decisión entre ellas reside fundamentalmente en los niveles de iluminación.

MODELO #3
Claraboya grande
Iluminación bilateral
Ventana corrida pequeña
Pasillo cubierto sobre
el mismo lado de la
claraboya.

CONCLUSIONES DEL INFORME SOBRE LA FERIA SUR

1. El esquema con doble claraboya permite la mejor iluminación de los dos cortes originalmente propuestos.
2. Un aumento en el tamaño de las ventanas en el esquema con doble claraboya, permite la combinación de una mayor iluminación y la mejor distribución uniforme de la iluminación de todos los esquemas.
3. Un aumento de tamaño en el esquema de la claraboya lateral propuesto tiene esencialmente el mismo efecto sobre el aumento de los niveles de iluminación que un aumento en el tamaño de los ventanaos. La distribución de la iluminación se encuentra dentro de los límites recomendados, pero no tan uniforme como en el esquema de claraboya doble.
4. El esquema de claraboya lateral grande y ventanas grandes presenta un nivel de iluminación máximo y dentro de los límites recomendados de distribución de la luz. Si hubiese ventajas arquitectónicas con este esquema, su comportamiento sería, el de un excelente ámbito visual.

MODELO #3-A1
Claraboya grande
Iluminación bilateral
Ventana corrida grande
Pasillo cubierto sobre
el lado apuesto al de
la claraboya.

CHILEAN COMMUNITY FACILITIES PROGRAM
Natural Lighting Test
Lighting Dome

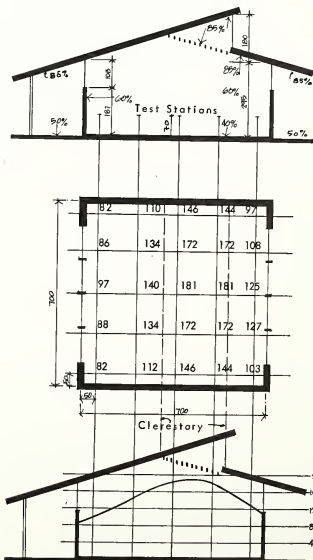
30 November 64
Rice University

LA
FERIA
SUR

Overcast sky
1250 footcandles
on plane of roof

MODEL #3-A1
Large clerestory
Bilateral lighting
Large windows
Covered passage at wall
opposite clerestory

Reflectances



Illumination
Intensities
(Footcandles)

Diversity
Ratio
1 : 2.2



ACADEMIC DEMONSTRATIONS

The behavior of light in buildings is demonstrated and investigated by students in the school of architecture. The testing facility provides the opportunity for students to experience and record the effects on lighting levels of various changes in the geometry of interior spaces:

- surface reflectances
- ceiling slopes and shapes
- variations in placement of lighting sources
- variations in size of light sources

Several projects by third year students are summarized on the following pages. Similar investigations by the Texas Engineering Experiment Station in the 1950's demonstrated the small change in lighting levels resulting from the lowering of ceilings below the customary 12 to 14 feet in school classrooms. These investigations influenced development of the present geometry of school classrooms.

Familiarity with the nature of light gradients for typical lighting systems enables the designer to evaluate the system and use either additional natural lighting or artificial lighting to provide the amount of light needed where needed in his design.



CHARACTERISTIC LIGHTING GRADIENTS FOR TYPICAL SPACES

Typical Unilateral Daylighting (No Roof Overhang): 30' x 30' x 8' high ceiling; windows from 3' sill to ceiling with these standard conditions:

ceiling (flat)	85% reflectance
walls	60% reflectance
floor	40% reflectance
terrain	40% reflectance
test stations	30" above floor

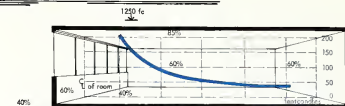
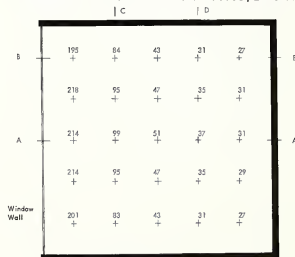
Lighting intensities decrease from a high at the center of the space at the windows to approximately one fourth intensity at the center of the room space, to approximately one-sixth at the center of the rear wall.

Diversity ratio is approximately 1:6, not satisfactory for the spaces, the whole of which may be used for persons occupied at undifferentiated tasks.

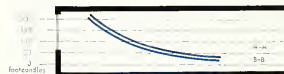
Lighting intensity falls measurably at the side and rear walls. (The absorption of light by these surfaces must be considered in the design of artificial lighting systems; fixtures should be located nearer the walls than the spacing between fixtures.)

Unilaterally-lighted spaces must be balanced or reinforced by additional day-lighting or artificial systems to achieve a reasonable uniformity where tasks are not confined to the areas adjoining the windows.

All succeeding investigations included herein are compared with this standard unilaterally-lighted space.

LIGHTING GRADIENT ON \bar{C} OF TYPICAL ROOM

ILLUMINATION LEVELS - UNILATERAL LIGHTING



LIGHTING GRADIENTS AT "A-A" & "B-B"



LIGHTING GRADIENTS AT "C-C" & "D-D"



DEMOSTRACIONES ACADEMICAS

En la Universidad de Rice, los estudiantes investigan y demuestran el comportamiento de la luz en los edificios. El equipo de ensaye permite la oportunidad de experimentar y registrar los diversos efectos de niveles de iluminación de cambios en la geometría interior de los espacios interiores, como son:

Reflección de superficies

Formas y pendientes de cielos

Variaciones en la ubicación de las fuentes de iluminación

Variaciones en el tamaño de las fuentes de iluminación.

En las páginas siguientes se encuentran resumidos varios proyectos de alumnos del tercer año. En la década del 50, estudios similares hechos por la Texas Engineering Experiment Station demostraron la baja incidencia en los niveles de iluminación como consecuencia de bajar los cielos de salas de clase de la acostumbrado altura de 13 a 14 pies. Estas investigaciones, influyeron en el desarrollo de la actual geometría de las salas de clase.

La familiaridad con la naturaleza de gradientes de iluminación típicos, permite al proyectista evaluar el sistema y usar luz natural o artificial adicional en su diseño, para proveer allí donde la requiera, la cantidad necesaria.



GRADIENTES DE ILUMINACION CARACTERISTICAS PARA ESPACIOS TIPO

Iluminación natural unilateral tipo (sin aleros): en área 30 pies por 8 pies de piso a cielo; ventanas desde antepecho de 3 pies de altura a cielo con las siguientes condiciones standard:

cielo (plano)	25% reflexión
muros	60% reflexión
piso	40% reflexión
terreno	40% reflexión
estaciones de prueba	30" sobre el piso

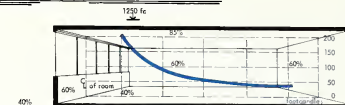
Las intensidades de iluminación disminuyen desde una máxima al centro del espacio en las ventanas, a aproximadamente la cuarta parte de la intensidad en el centro del espacio, a aproximadamente la sexta parte en el centro del muro del fondo.

La razón de diversidad es aproximadamente 1:6, insatisfactoria para los recintos, y el espacio puede ser usado en su totalidad por personas ocupadas en labores indiferenciadas.

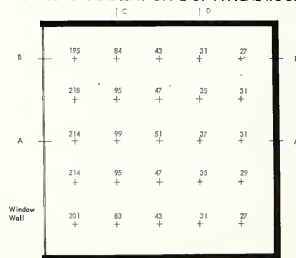
La intensidad de iluminación decrece ostensiblemente en los muros laterales y de fondo. (La absorción de luz por estas superficies debe ser considerada en el diseño de sistemas de iluminación artificial: las lámparas deberían ser ubicadas más cerca de los muros que la distancia entre ellas.)

Los espacios iluminados unilateralmente deben ser equilibrados o reforzados por iluminación natural o artificial adicional para lograr una uniformidad razonable en el lugar en que las labores no están limitadas a las áreas adyacentes a las ventanas.

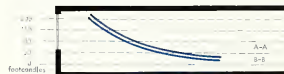
Todos las investigaciones siguientes están comparadas a este espacio con iluminación unilateral standard.



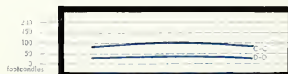
LIGHTING GRADIENT ON E OF TYPICAL ROOM



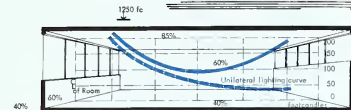
ILLUMINATION LEVELS - UNILATERAL LIGHTING



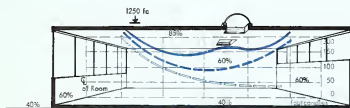
LIGHTING GRADIENTS AT "A-A" & "B-B"



LIGHTING GRADIENTS AT "C-C" & "D-D"

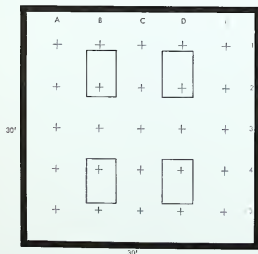


LIGHTING GRADIENT - BI-LATERAL LIGHTING



 BI-LATERAL LIGHTING
 UNILATERAL LIGHTING

BI-LATERAL LIGHTING WITH SKYLIGHTS AT 1/3 POINTS



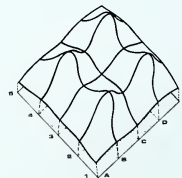
INTERIOR ROOM - FOUR 4' x 6' SKYLIGHTS

AUGMENTED LIGHTING SYSTEMS FOR TYPICAL SPACES

When additional light sources are added to the unilateral lighting system, improvement is shown in both the general lighting level and in the diversity ratios. The sections and lighting gradients shown here demonstrate the extent and location of the improvement.

Bilateral Lighting: the lighting gradient is flattened, thus improving the diversity ratio. The intensity is increased throughout the space, but particularly in that portion of the space where lighting levels were minimum.

Bilateral Lighting with Skylights: with skylights placed in ceiling where the previous curves were at a minimum, the general level of lighting is increased substantially and the diversity ratio is decreased substantially. Investigation of the effect of varying numbers of skylights in different locations is relatively easy to make in this testing situation.



Skylights: with no light source other than the four skylights shown in plan, the lighting levels shown in the isometric are shown without scale to illustrate distribution. A larger number of skylights will decrease the diversity and flatten the gradients shown.

Analogies can be drawn between this natural lighting system and artificial lighting systems:

Light distribution

The light-absorbing effect of wall surfaces

Increased uniformity with closer spacing of fixtures

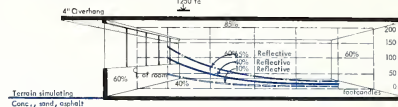
Other similar considerations of lighting distribution



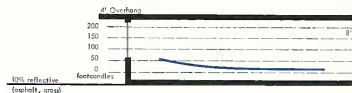
TERRAIN EFFECTS ON LIGHTING

The effects of the reflectivities of the terrain within the first 50 feet of the building are demonstrated in the accompanying curves.

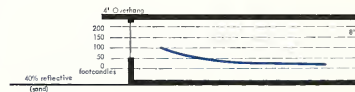
Levels of intensities vary directly with the reflectivity of the terrain, illustrating clearly the large part played by the ground reflectance and ceiling reflectance in natural lighting. As the terrain is increased in reflectivity, the increase in lighting is greatest (by about 10%) at the rear of the room compared to the areas near the windows.



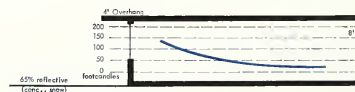
GRADIENTS SHOWING CHANGES DUE TO TERRAIN REFLECTIVITIES



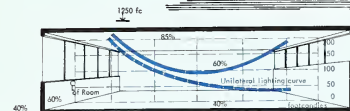
10% REFLECTIVE TERRAIN - UNILATERAL LIGHTING



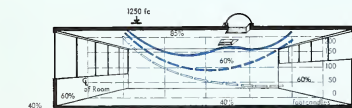
40% REFLECTIVE TERRAIN - UNILATERAL LIGHTING



65% REFLECTIVE TERRAIN - UNILATERAL LIGHTING

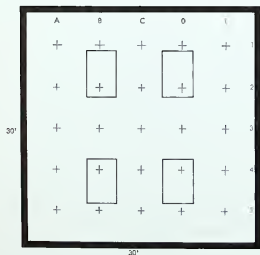


LIGHTING GRADIENT - BI-LATERAL LIGHTING



— BI-LATERAL LIGHTING
 — UNILATERAL LIGHTING

BI-LATERAL LIGHTING WITH SKYLIGHTS AT 1/3 POINTS



INTERIOR ROOM - FOUR 4' x 6' SKYLIGHTS

SISTEMAS ADICIONALES DE ILUMINACION PARA ESPACIOS TÍPICOS

Cuando se suman fuentes de iluminación al sistema de iluminación unilateral, se obtiene un aumento en el nivel general de iluminación y en la razón de diversidad. Los cortes y los gradientes de iluminación aquí mostrados, demuestran la extensión y ubicación del aumento.

Iluminación bilateral: El gradiente de iluminación se "aplana", por lo tanto la razón de diversidad mejora. La intensidad aumenta en toda el espacio, pero especialmente en aquella parte en donde los niveles eran mínimos.

Iluminación bilateral con claraboyas: si se ubican claraboyas en el cielo en aquellas puntos en que la curva estaba al mínimo, el nivel general de iluminación aumenta substancialmente como asimismo, decrece la razón de diversidad. Con este método de ensayo, es relativamente sencilla de hacer investigaciones sobre el efecto de un número variable de claraboyas en diversas posiciones.

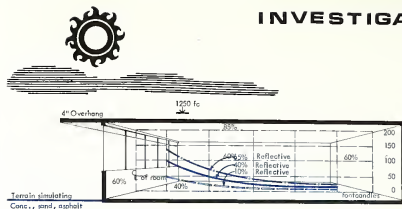
Claraboyas: los niveles de iluminación de la isométrica sólo muestran su distribución y no están a escala, correspondiendo a una iluminación sin otra fuente que las cuatro claraboyas indicadas en la planta. Una cantidad mayor de estas, hará disminuir la diversidad y las gradientes expresados serán menores.

De este sistema de iluminación natural y de los sistemas artificiales se desprenden analogías: distribución, efecto absorbente de las superficies de muros aumenta de la uniformidad con mayor número de lámparas, etc.

EFFECTOS DEL TERRENO EN LAS GRADIENTES DE ILUMINACION

En la figura de esta página, se muestran los efectos de la reflectividad del terreno dentro de los 50 pies próximos al edificio.

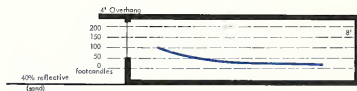
Los niveles de intensidad, varían directamente proporcionales con la reflectividad del terreno, lo que ilustra claramente el papel que desempeñan la reflexión del terreno y la de los cielos interiores en la iluminación natural. Al subir la reflectividad del terreno, el aumento de la iluminación en el muro de fondo del recinto es de un 10 por ciento mayor al del de las áreas cercanas a la ventana.



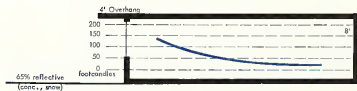
GRADIENTS SHOWING CHANGES DUE TO TERRAIN REFLECTIVITIES



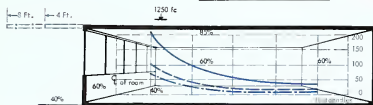
10% REFLECTIVE TERRAIN - UNILATERAL LIGHTING



40% REFLECTIVE TERRAIN - UNILATERAL LIGHTING



65% REFLECTIVE TERRAIN - UNILATERAL LIGHTING



LIGHTING INTENSITY VARIATIONS DUE TO ROOF OVERHANGS



FOUR FOOT ROOF OVERHANG - UNILATERAL LIGHTING



EIGHT FOOT ROOF OVERHANG - UNILATERAL LIGHTING

THE EFFECTS OF ROOF OVERHANGS ON LIGHTING DISTRIBUTION

These conclusions were drawn from a study of the lighting gradients from rooms with four and eight foot overhangs and compared with the standard room with no overhang with these standard conditions:

unilateral lighting	
ceiling (flat)	80% light reflectance
walls	60% light reflectance
floor	40% light reflectance
test station	30" above floor

From a lighting standpoint, the room begins at the edge of the overhang. The location of the window wall merely defines the usable portion of the space below the roof.

Lighting at the windows is reduced substantially as overhangs are increased. Lighting at the center and rear of the space is much less affected.

Diversity ratios, or uniformity of distribution, are improved.

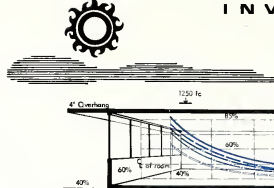
THE EFFECTS OF VARIATIONS IN SURFACE REFLECTANCIES

The accompanying graphs record the effect on lighting levels within a space when certain of the major surfaces within the room are given low reflectance finishes. Judgment developed from this demonstration will aid the designer to develop lighting systems that will augment the local effects of interior decorating decisions.

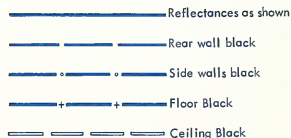
The gradients show that a dark ceiling has the greatest effect on lighting levels, depressing all levels with the greatest percentage of loss at the rear of the room.

A dark floor is next in importance having a greater effect than either a dark rear wall or dark side walls.

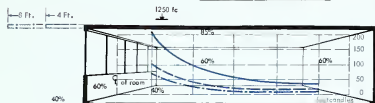
Both rear walls and side walls when darkened show a decided local effect, decreasing lighting levels substantially near the wall and having relatively little effect at the center of the room; the diversity ratio is increased.



GRADIENTS SHOWING THE EFFECTS OF DARK ROOM SURFACES



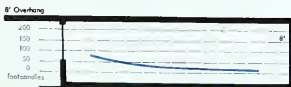
LONGITUDINAL SECTION ON $\frac{1}{2}$ OF ROOM
VERTICAL GRID EXPANDED TO EMPHASIZE
CHARACTERISTICS OF CURVES



LIGHTING INTENSITY VARIATIONS DUE TO ROOF OVERHANGS



FOUR FOOT ROOF OVERHANG - UNILATERAL LIGHTING



EIGHT FOOT ROOF OVERHANG - UNILATERAL LIGHTING

EFFECTOS DE ALEROS EN LA DISTRIBUCION DE LA LUZ

Estas conclusiones fueron establecidas por un estudio de las gradientes de iluminación en recintos con un alero de cuatro y ocho pies, comparados con el recinto standard sin alero y con las condiciones standard sin alero y con las condiciones standard siguientes:

iluminación unilateral	
cielo (plano)	80% reflexión
muros	60% reflexión
piso	40% reflexión
estación de prueba	30" sobre el piso

Desde el punto de vista de iluminación, el recinto empieza en el borde del alero. La ubicación de la ventana sólo define el área útil del espacio bajo el techo.

La iluminación en el plano de las ventanas se reduce substancialmente a medida que el alero aumenta, la iluminación en el centro y al fondo del espacio se ve menos afectada. Las razones de diversidad, o uniformidad de distribución, son mejoradas.

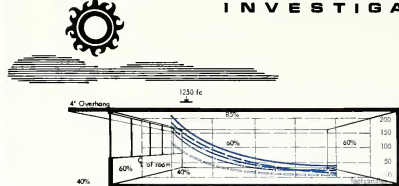
EFECTO DE LAS VARIACIONES EN LA REFLECCION DE LAS SUPERFICIES

Las gráficas adyacentes, registran el efecto sobre los índices de iluminación cuando a las superficies principales de los recintos se las da valores bajos de reflexión. De esta demostración, se desprenderán juicios que ayudarán al proyectista a desarrollar sistemas de iluminación que aumenten efectos locales o especiales para beneficio de las decisiones que tome en la decoración interior.

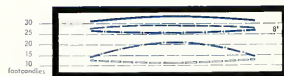
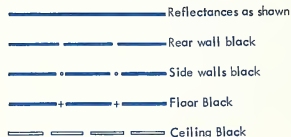
Las gradientes muestran que los cielos oscuros tienen el mayor efecto sobre los niveles de iluminación al bajarlos todos, con un porcentaje mayor de pérdida en el fondo del recinto.

Los pisos oscuros siguen en importancia y tienen mayor efecto que muras de fondo a laterales oscuras.

Al oscurecer los muras de fondo a laterales, el efecto es principalmente local, ya que disminuyen los niveles de iluminación cerca de estas y la incidencia sobre los del centro del recinto es relativamente pequeña. Sin embargo, la razón de diversidad aumenta.



GRADIENTS SHOWING THE EFFECTS OF DARK ROOM SURFACES



LONGITUDINAL SECTION ON ϵ OF ROOM
VERTICAL GRID EXPANDED TO EMPHASIZE
CHARACTERISTICS OF CURVES



CREDITS

Layout by Lee Prout and J. L. Lambeth

Photographs by Maurice Miller and Charles B. Thomsen

Spanish Translation by José M. Medina

Diagramación : Lee Prout y J. L. Lambeth

Fotografías : Maurice Miller y Charles B. Thomsen

Traducción : José M. Medina

ARCHITECTURE AT RICE SERIES

- 1 ON PEOPLE AND THINGS, William W. Caudill, September 1961
- 2 UNITED NATIONS' CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY, Paul Jacques Grillo, October 1961
- 3 RICE PRECEPTORSHIP PROGRAM, William W. Caudill, December 1961
- 4 ALVAR AALTO AND THE ARCHITECTURE OF FINLAND, Scott D. Hamilton, Jr., March 1962
- 5 THE ALUMNUS CRITIC PROGRAM, Morton L. Levy, Jr., May 1962
- 6 ARCHITECTURE FOR OUR TIMES, Howard E. Eilenberger, Author; L. James McCullar, Illustrator, June 1962
- 7 THE PEOPLE'S ARCHITECTS, William W. Caudill, March 1963
- 8 SKETCHES, Charles Schorre, Special Editor, April 1963
- 9 WILLIAM WARD WATKIN TRAVELING FELLOWSHIP WINNERS, Caryl LaRue Jones, May 1963
- 10 THREE CITIES, Paul Jacques Grillo, September 1963
- 11 THE AESTHETICS OF FOLDED PLATES, Clovis B. Heimsath, January 1964
- 12 AN EVALUATION--THE RICE PRECEPTORSHIP PROGRAM, Caryl LaRue Jones, April 1964
- 13 THE RICE DESIGN FETE, AN EXPERIMENT IN EXPERIENCE, Caryl LaRue Jones, Author, Maurice Miller, Photographer, June 1964
- 14 FOUR PLANNING CONCEPTS FOR BAY CITY, TEXAS, William T. Cannady & Architecture 300 Students, September 1964
- 15 THE CONCEPT OF PLASTIC FORM, Bill N. Lacy and Frank S. Kelly, April 1965
- 16 LAKE HOUSTON DEVELOPMENT STUDIES, William T. Cannady & Architecture 300 Students, August 1965
- 17 POBLACION ALMIRANTE GOMEZ CARRENO, Andrew Belschner, February 1966
- 18 VAULTED BRICK CONSTRUCTION IN GUADALAJARA, Nat W. Krah and Harry S. Ransom, June 1966
- 19 PREDICTING DAYLIGHTING WITH MODELS, A. A. Leifeste, Jr., November 1966.

Direct requests to Publications, School of Architecture, Rice University, Houston, Texas 77001

© ARCHITECTURE AT RICE, 1966, All contents are the sole possession of the contributors; partial or total reproduction of the material herein contained is prohibited by law.

